

REC'D 20 JAN 2005

IB/2004/052911



WIPO  
Europäisches  
Patentamt

PCT  
European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04100020.9

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk





Anmeldung Nr:  
Application no.: 04100020.9 ✓  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 07.01.04 ✓  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property & Standards  
GmbH

20099 Hamburg  
ALLEMAGNE  
Koninklijke Philips Electronics N.V.  
Groenewoudseweg 1  
5621 BA Eindhoven  
PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zur Winkelbestimmung

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

G01D5/16

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI



## BESCHREIBUNG

### Verfahren zur Winkelbestimmung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Winkels  $\alpha$  eines äußeren Magnetfelds relativ zu einem Magnetoresistiven Winkelsensor mit zwei Vollbrücken,  
5 die jeweils ein Ausgangssignal  $U_1 = U_0 \sin(2\alpha)$ ,  $U_2 = U_0 \cos(2\alpha)$  liefern.

Magnetoresistive Sensoren werden üblicherweise zur Winkelerfassung in der Kraftfahrzeugtechnik benutzt, um u. a. eine Pedalstellung oder die Stellung einer Drosselklappe zu überwachen und zu steuern. Der Magnetoresistive Winkelsensor besteht  
10 dabei im Allgemeinen aus zwei um  $45^\circ$  zueinander versetzten Vollbrücken, die einem äußeren Magnetfeld ausgesetzt werden. Die beiden Vollbrücken liefern in Abhängigkeit eines Winkels des äußeren Magnetfelds relativ zu einer Referenzachse des Sensors Spannungs-Ausgangssignale, die in dem Fachmann bekannter Weise mit der folgenden Beziehung wiedergegeben werden können:

15

$$U_1 = U_0 \sin(2\alpha)$$

$$U_2 = U_0 \cos(2\alpha)$$

Dabei sind  $U_1$  und  $U_2$  die Spannungs-Ausgangssignale der beiden Vollbrücken,  $U_0$  ist  
20 die Spannungs-Amplitude des Ausgangssignals, das u. a. abhängig von der Umgebungstemperatur ist, und  $\alpha$  ist der Winkel des äußeren Magnetfelds zu einer Referenzachse des Sensors.

Aus diesen Ausgangssignalen wird z. B. mit Hilfe des CORDIC-Algorithmus der  
25 Winkel  $\alpha$  des äußeren Magnetfelds relativ zum Sensor bzw. relativ zu den Magnetoresistiven Brücken ermittelt. Zur Durchführung dieses Algorithmus müssen die analogen Ausgangssignale mit einem Analog/Digital-Wandler in digitale Signale umgewandelt werden.

Der Winkel  $\alpha$  des äußeren Magnetfelds relativ zum Sensor wird dann mit der ebenfalls bekannten Beziehung:

$$\alpha = \frac{1}{2} * \arctan(U_1/U_2) = \frac{1}{2} * \arctan(\sin(2\alpha)/\cos(2\alpha))$$

5

z. B. mit hierfür geeigneten digitalen Signalverarbeitungsmitteln ermittelt. Unter Berücksichtigung des Vorzeichens der Ausgangsspannung  $U_2$  lässt sich der Winkel  $\alpha$  mit Hilfe der arctan-Funktion über  $180^\circ$  mit extrem hoher Genauigkeit berechnen.

- 10 Als nachteilig bei den bekannten Sensoren und den bisher angewendeten Verfahren zur Signalverarbeitung ist es anzusehen, dass durch die Analog/Digital-Wandlung die Gefahr besteht, dass die Signale verrauscht und durch unbeabsichtigt auftretende Offsetspannungen die Signale verfälscht werden. Diese Offset-Spannungen können z. B. durch Fehllötungen eines Widerstandes einer Wheatstoneschen Brücke verursacht
- 15 werden. Zudem erfordert die Umwandlung in digitale Impulse eine erhebliche Signalverarbeitungszeit. Die digitalen Signalverarbeitungsmittel sind zudem teuer in der Anschaffung und störanfällig. Für viele Anwendungen, insbesondere in der Kraftfahrzeugtechnik, ist die Genauigkeit, die mit einem solchen CORDIC-Algorithmus erreichbar ist, viel höher als eigentlich notwendig. Ebenso ist es in der Kraftfahrzeugtechnik
- 20 aus wirtschaftlichen Gründen angestrebt, wesentlich kostengünstigere und nicht so exakt arbeitende Sensoren zu verwenden, die dennoch eine ausreichende Messgenauigkeit aufweisen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Winkelbestimmung mit

25 Magnetoresistiven Sensoren anzugeben, das in einfacher Weise durchführbar ist und bei der Bestimmung des Winkels  $\alpha$  des äußeren Magnetfelds relativ zu einem Sensor der Winkel zuverlässig bestimmbar ist. Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

30

Der Kerngedanke der Erfindung besteht darin, dass die arctan-Funktion des vorstehend beschriebenen CORDIC-Algorithmus mit hinreichender Genauigkeit durch die im Anspruch 1 angegebene mathematische Beziehung angenähert werden kann. Dabei werden die Ausgangssignale  $U_i$  der beiden Vollbrücken einfachen mathematischen Operationen wie Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division unterworfen, die lediglich eine analoge Verarbeitung der Ausgangssignale erfordern. Somit ist es mit analogen Mitteln möglich, den Winkel  $\alpha$  für die verschiedensten Anwendungen mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Hierbei ist die Funktion  $\text{sgn}(U_2)$  die an sich bekannte Vorzeichenfunktion. Das bedeutet, dass für ein Ausgangssignal  $U_2 < 0$  die Funktion den Wert "-1" annimmt, für eine Ausgangssignal  $U_2 > 0$  die Funktion den Wert "+1" annimmt und für den Wert  $U_2 = 0$  die Funktion den Wert "0" annimmt.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das Verfahren zur Winkelbestimmung mit einfachen dem Fachmann bekannten elektronischen Komponenten ausführbar ist, ohne dass eine vorherige Analog/Digital-Wandlung durchgeführt werden muss. Somit ist die Ermittlung des Winkels  $\alpha$  beschleunigt und zuverlässig gewährleistet und der Aufwand erheblich verringert, da keine teuren und störanfälligen elektronischen Komponenten zur digitalen Signalverarbeitung bzw. Signalberechnung notwendig sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Durch die im Anspruch 2 angegebene Verwendung von AMR-Brücken können in Abhängigkeit des Winkels  $\alpha$  des externen Magnetfelds relativ zu den Sensoren bzw. Brücken exakte Ausgangssignale erhalten werden. Die Anordnung der Brücken in den externen Magnetfeldern ist dem Fachmann bekannt ebenso wie das Auslesen der entsprechenden Spannungs-Ausgangssignale. In vorteilhafter Weise können die Brücken sogenannte Wheatstonesche Brücken sein, die für den Einsatz in der Kraftfahrzeugtechnik mit den dort auftretenden Belastungen besonders geeignet sind. Die Ausgangssignale dieser Brücken können einer analogen Weiterverarbeitung in einfacher Weise zugeführt werden.

In bevorzugter Ausgestaltung werden die Ausgangssignale der Brücken lediglich mit analogen Elementen bzw. elektronischen Komponenten verarbeitet, wie Anspruch 3 angegeben. Das bedeutet, dass die Ausgangssignale der Brücken lediglich mit

5 elektronischen Komponenten, die die Additionen/Subtraktionen etc., wie durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Beziehung angegeben, ausführen. Derartigen Additions- oder Multiplikationsglieder sind dem Fachmann bekannt. Sie bieten den Vorteil, dass sie kostengünstig und wenig stör anfällig sind, so dass die Bestimmung des Winkels  $\alpha$  in wirtschaftlicher Weise mit hinreichender Genauigkeit unter Einbeziehung der

10 beanspruchten Gleichung ausgeführt werden kann.

Es versteht sich, dass die Bestimmung des Winkels  $\alpha$  eines äußeren Magnetfelds relativ zu einem Magnetoresistiven Winkelsensor in beliebigen technischen Gebieten eingesetzt werden kann. In besonderes bevorzugter Weise jedoch wird das Verfahren, wie im

15 Anspruch 4 gekennzeichnet, in der Kraftfahrzeugtechnik verwendet, insbesondere um eine Pedalstellung, z. B. des Gas- und/oder Bremspedals, zu überwachen. Ebenso kann eine Stellung einer Drosselklappe zur Steuerung der Motorleistung mit dem Verfahren überwacht werden.

20 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: den berechneten Winkel  $\alpha$  eines externen Magnetfelds relativ zu einem Winkelsensor nach dem Stand der Technik,

25

Fig. 2: den erfindungsgemäß ermittelten Winkel  $\alpha$ , und

Fig. 3: den Fehler des erfindungsgemäß ermittelten Winkels  $\alpha$ .

30



Aus der Darstellung in Figur 1 ist der z. B. nach dem CORDIC-Algorithmus berechnete Winkel  $\alpha$  eines äußeren Magnetfelds relativ zu einer Referenzachse in einem Magnetoresistiven Winkelsensor ersichtlich. Dabei ist der berechnete Winkel  $\alpha$  auf der y-Achse über den Winkelbereich von 0 bis 360° auf der x-Achse aufgetragen.

5

Der Darstellung in Figur 2 ist der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auf rein analogem Wege erhaltene Winkel  $\alpha$  entnehmbar, der ebenfalls über den Winkelbereich von 0 bis 360° aufgetragen ist. Man kann dieser Darstellung entnehmen, dass der berechnete Winkel  $\alpha$  um die geneigten Idealgeraden, die in Figur 1 abgebildet sind und sich aus der digital exakt berechneten arctan-Funktion des CORDIC-Alogithmus ergeben, schwankt. Das bedeutet, dass mit diesem Verfahren geringfügige Abweichungen vom tatsächlichen Messwert erhalten werden, die allerdings innerhalb der insbesondere in der Kraftfahrzeugtechnik geforderten Toleranzen liegen, so dass das vereinfachte und mit rein analogen elektronischen Komponenten durchführbare Verfahren den gestellten Anforderungen genügt.

15

In Figur 3 ist die Abweichung des mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelten Winkels gegenüber dem tatsächlichen Winkel  $\alpha$  des äußeren Magnetfelds abgebildet. Der Winkelfehler, der über einen Bereich von 0 bis 180° eingezeichnet ist, überschreitet dabei nie den Wert von  $\pm 2^\circ$ . Des Weiteren ist ersichtlich, dass bei den Werten 0°, 45°, 90°, etc. der Winkelfehler sogar zu Null wird, so dass diese Punkte mit dem neuen Verfahren mit hoher Genauigkeit ausgemessen werden können. Dabei kann z. B. bei einem Pedal eines Kraftfahrzeugs der Winkelsensor derart angeordnet sein, dass bei nicht durchgedrücktem Pedal der Winkel des äußeren Magnetfelds relativ zum Sensor gerade 0° beträgt und ein exakter Messwert erhalten wird und bei voll durchgedrücktem Pedal z. B. gerade 90° gemessen werden.

20

25

BEZUGSZEICHENLISTE

	$\alpha$	Winkel zwischen einem äußeren Magnetfeld und einem Sensor
5	U	Spannungs-Ausgangssignal
	U <sub>0</sub>	Spannungs-Amplitude

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bestimmung eines Winkels  $\alpha$  eines äußeren Magnetfelds relativ zu einem Magnetoresistiven Winkelsensor mit zwei Vollbrücken, die jeweils ein Ausgangssignal  $U_1 = U_0 \sin(2\alpha)$ ,  $U_2 = U_0 \cos(2\alpha)$  liefern,  
dadurch gekennzeichnet,
- 5    dass der Winkel  $\alpha$  mit der Beziehung  $\alpha = \frac{1}{2} * ((U_1 / (|U_1| + |U_2|)) - 1) * \text{sgn}(U_2)$  analog bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,
- 10    dass AMR-Brücken verwendet werden, insbesondere Wheatstonesche Brücken.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass Ausgangssignale der Brücken mit analogen Elementen verarbeitet werden.
- 15
4. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 in der Kraftfahrzeugtechnik, insbesondere zur Pedalüberwachung und/oder zur Drosselklappenüberwachung.



ZUSAMMENFASSUNG

## Verfahren zur Winkelbestimmung

Um ein Verfahren zur Bestimmung eines Winkels  $\alpha$  eines äußeren Magnetfelds relativ zu einem Magnetoresistiven Winkelsensor mit zwei Vollbrücken, die jeweils ein

- 5 Ausgangssignal  $U_1 = U_0 \sin(2\alpha)$ ,  $U_2 = U_0 \cos(2\alpha)$  liefern, zu schaffen, wobei die Winkelbestimmung mit einfachen elektronischen Bauteilen durchführbar ist, wird vorgeschlagen, dass der Winkel  $\alpha$  mit der Beziehung

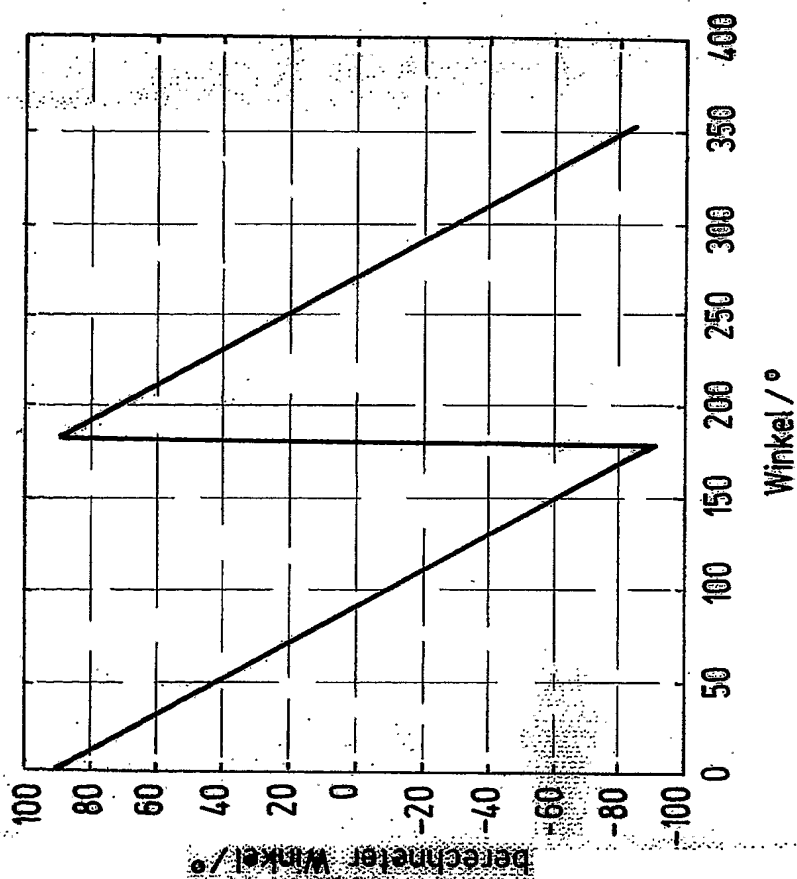
$$\alpha = \frac{1}{2} * ((U_1 / (|U_1| + |U_2|)) - 1) * \text{sgn}(U_2)$$

analog bestimmt wird.

10

Fig. 2





Stand der Technik

Fig.1

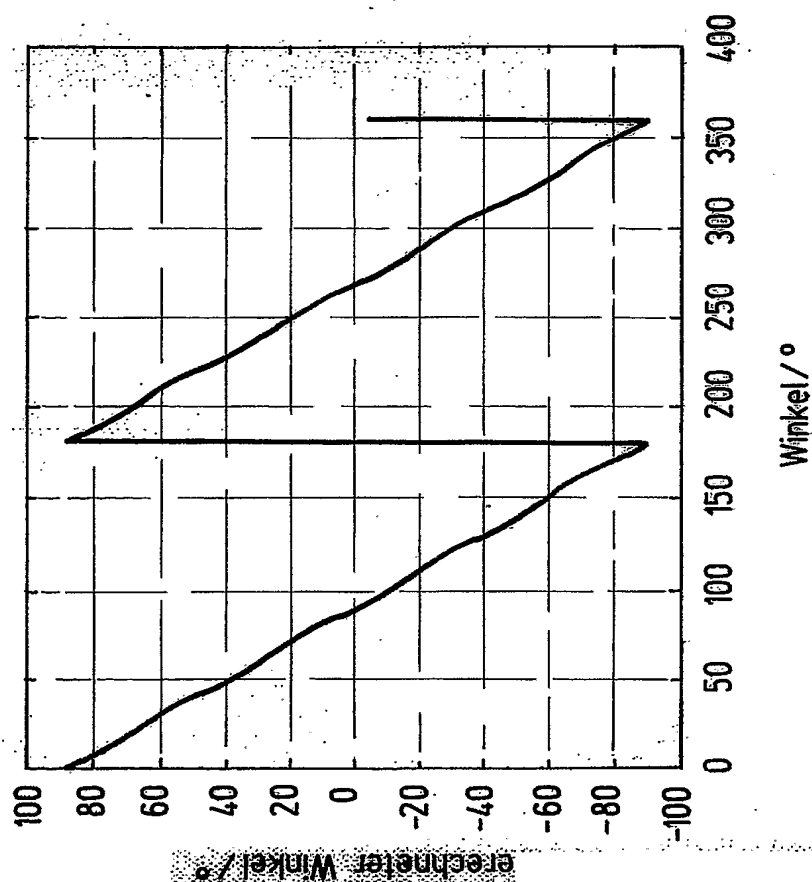


Fig.2



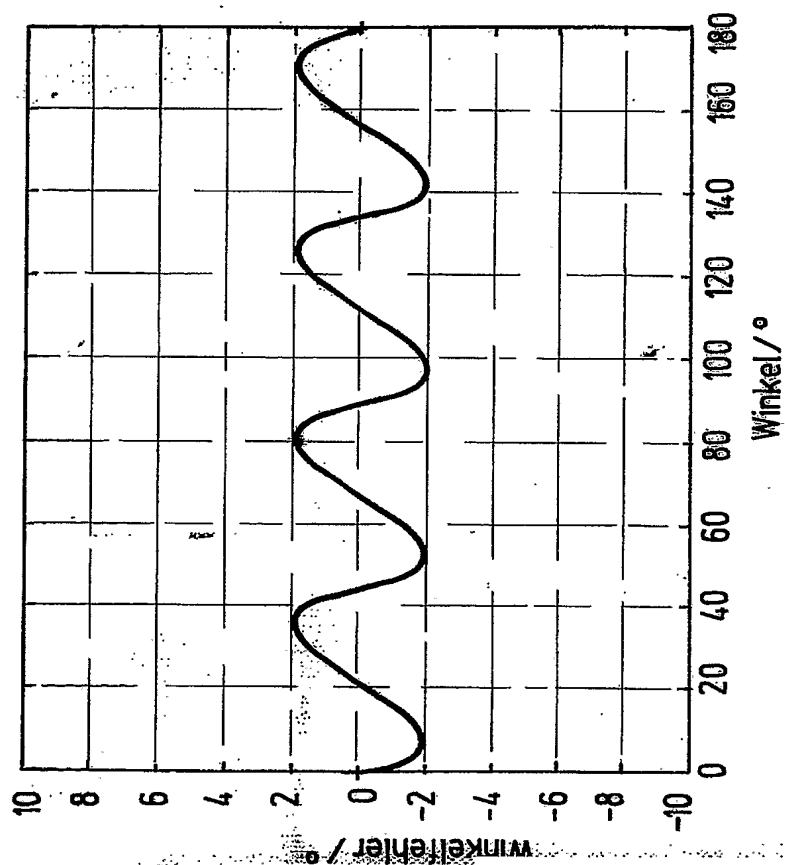


Fig.3

**PCT/IB2004/052911**

